引用格式：邱细妹，王燕，吕海明，等. “双碳”背景下新能源材料技术发展策略——以松山湖材料实验室为例. 中国科学院院刊, 2022, 37(3): 375-383.
Qiu X M, Wang Y, Lyu H M, et al. Development strategies of new energy materials for carbon peak and neutrality—Case study of Songshan Lake Materials Laboratory. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(3): 375-383. (in Chinese)

“双碳”背景下新能源材料技术发展策略

——以松山湖材料实验室为例

邱细妹[1]　王　燕[1,2]　吕海明[1]　徐　坚[4]　武怿达[1]　马晓威[1]　支春义[1,3]　杜小龙[1,2]　黄学杰[1,2*]

1 松山湖材料实验室　东莞　523808
2 中国科学院物理研究所　北京　100190
3 香港城市大学　香港　999077
4 广东松湖之材产业育成中心有限公司　东莞　523808

摘要　降低对于化石燃料的依赖，从源头节能减排是早日实现“双碳”目标的根本路径之一，变革性能源材料技术将为“双碳”目标的实现提供强有力的战略性支撑。发展太阳能—储能电池供电体系和交通能源电动化，让煤、石油和天然气从燃料回归到材料，松山湖材料实验室正在为此而努力。该实验室新能源材料与器件研发中心按照从应用基础研究到产业转化的全链条创新模式进行研发，文章重点选取了实验室高效晶硅太阳能电池、锂离子电池材料、柔性及锌基电池3个团队的工作予以介绍。为了打通成果转化的“最后一公里”，各团队3年多来建立了研究和中试线，把相关核心关键材料和器件转化成产品，通过创新工场模式与产业界密切合作。建议统筹规划，稳定支持实验室研发，以及打造研发中心—创新工场—产业园区集群式发展模式。

关键词　新能源材料，晶硅太阳能电池，锂离子动力电池，锌基储能电池

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20211208009

1 “双碳”目标与能源的消耗

2020年9月22日，国家主席习近平在第75届联合国大会一般性辩论上提出，“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”（以下简称“双碳”目标）。根据我国不同行业碳排放数据，发电及供热、工业、交通是我国二氧化碳排放量前三的行业[1]，因此实现“双碳”目标的适当措施包括扩大可再生能源比重和脱碳交通工具的使用。

在众多可再生能源中，太阳能以其清洁、安全、

*通信作者
修改稿收到日期：2022年3月5日

储量无限等显著优势，已成为发展最快的绿色能源。其中，晶硅太阳能电池在光伏领域中一直占据绝对优势地位（~90%），是当前国际新能源竞争中的重要领域，在我国可再生能源战略中扮演着极其重要的角色。汽车电动化和智能化变革为大势所趋，新能源汽车的高速发展和大规模应用将大幅度降低燃油的消耗。2020 年 11 月，国务院办公厅印发了《新能源汽车产业发展规划（2021—2035 年）》，提出推动新能源汽车产业高质量发展，加快建设汽车强国；计划到 2025 年新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的 20% 左右；到 2035 年，纯电动汽车成为新销售车辆的主流，公共领域用车实现全面电动化。目前，我国能源消费结构中化石能源占比仍高达 80% 以上，未来在“双碳”目标引领下，太阳能和风能发电将占据越来越重要的地位。而高安全性的锌电池储能技术能够解决风能、太阳能间歇性和波动性等缺点[2]，将促进太阳能和风能发电技术的发展与大规模应用，实现技术互补，相互促进。

汽车电动化需要绿色电力才能助力“双碳”目标的实现，光伏发电和储能技术是主要的解决方案，“光—储—配—用”绿色电力全链条一体化是“双碳”目标实现的关键。我国在光伏、新能源汽车、储能等领域实现了弯道超车，这主要归因于基础工业水平的提高、国内外巨大的市场空间、不断完善的供应链、研发技术的进步、设备国产化率提升等，所有这些变革大幅降低了上述领域的生产成本。但是，在高效晶硅太阳能电池、锂离子动力电池、锌基储能电池等领域的关键材料方面还需继续发力，以实现更大的突破，更好地服务于能源革命和“双碳”目标。

2 国内外新能源材料技术发展现状与趋势

2.1 光伏发电——晶硅太阳能电池

经过 20 余年的发展，光伏产业已成为我国少有的具有国际竞争优势的战略性新兴产业，也是推动我国能源革命的重要引擎。目前，我国光伏产业实现了硅料、硅片、电池片、组件、发电系统全产业链的布局，在制造业规模、产业化技术水平、产业体系建设等方面均位居全球首位（表 1）。

在政策的扶持下我国光伏产业突飞猛进，在产能方面已实现了对世界发达国家的赶超，为世界光伏发电度电成本的降低作出了巨大的贡献（图 1），但仍然存在原始创新不足、主要技术依赖国外等瓶颈。以技术驱动属性最强的电池片环节为例（图 2），目前主流的发射极和背面钝化电池（PERC）技术，以及下一代隧道氧化层钝化接触电池（TOPCon）、异质结电池（HJT）、背接触电池（IBC）等高效电池的结构设计及制作工艺均源自国外。其中，最为热门的 HJT 具有量产效率高、生产工序短等显著优势，早于 1990 年由日本三洋公司所开发，直到 2015 年三洋公司的 HJT 专利保护失效才开始在我国被大力发展和

表1　2020年全球光伏产品产能、产量及中国产品在全球的占比

Table 1　Global photovoltaic production capacity, output and proportion of Chinese products in the world in 2020

指标	多晶硅	硅片	电池片	组件
全球产能	6.08×10^5 t	247.4 GW	249.4 GW	320.0 GW
中国产能在全球占比	75.2%	97.0%	80.7%	76.3%
全球产量	5.21×10^5 t	167.7 GW	163.4 GW	163.7 GW
中国产量在全球占比	76.0%	96.2%	82.5%	76.1%

数据来源：中国光伏行业协会（CPIA），2021 年 4 月

Data source: China Photovoltaic Industry Association, April, 2021

推广。这些高效电池技术在推广初期，相应的制造、检测核心设备均依靠进口，甚至关键的辅材（如添加剂、浆料等）也严重依赖进口，国产的技术开发更多的是模仿。随着我国光伏产业的飞速发展，自主技术的市场需求日益强劲；在消化吸收的基础上，部分龙头企业正在加大研发投入，推动技术升级换代。基于目前我国位居主导地位的光伏产业规模，我国迎来了原创性技术开发及产业应用的良机。因此，探索高效的产学研联合开发模式具有十分重要的意义。我国光伏产业界若能紧抓“双碳”目标带来的新能源发展机遇，通过原始创新打造出自主技术体系，不断提升我国光伏产品的竞争力优势，则必将在国际上引领光伏技术的发展。

2.2 锂离子动力电池

20 世纪 90 年代初，锂电池实现产业化，并凭借其工作电压高、能量密度高、循环寿命长、充电速度快、放电功率高、自放电率小、无记忆效应和绿色环保等突出优势，而实现迅猛发展。根据应用场景的不同，全球锂电池可分为动力、消费和储能三大细分市场。其中，动力锂电池主要应用于新能源汽车、电动自行车、电动工具、专用车等场景。

2020 年，全球新能源汽车年销量达到了 324 万辆，同比增长 43%；全球锂离子电池市场规模约为 535 亿美元，同比增长 19%（图 3）。2021 年全球新能源汽车销量约 650 万辆，同比大幅增长超 100%。2021 年我国动力电池产量累计 219.7 GWh，同比累计增长 163.4%。受益于各国新能源汽车发展计划，动力电池也迎来了最为确定的市场，预计 2025 年全球锂离子电池将进入 TWh 时代，全球锂离子电池市场规模预计将超过 1 000 亿美元。若按照单一国家市场计算，中国是全球最大的新能源汽车市场。

锂电池主要由正极材料、负极材料、隔膜、电解液和电池外壳 5 个部分组成。正极材料在锂电池材料成本中所占的比例达 30%—40%，其成本直接决定了电池整体成本的高低。动力电池领域作为未来 10 年锂离子电池最大的应用领域，其正极材料技术的发展主要分为 3 代（图 4）。① *第一代：以锰酸锂为代表。*锰酸锂标称电压在 3.7 V，因成本低、安全性高、低温性能好，而被广泛应用在轻型车市场。② *第二代：以磷酸铁锂和镍钴锰（铝）酸锂（三元）为代表。*磷酸

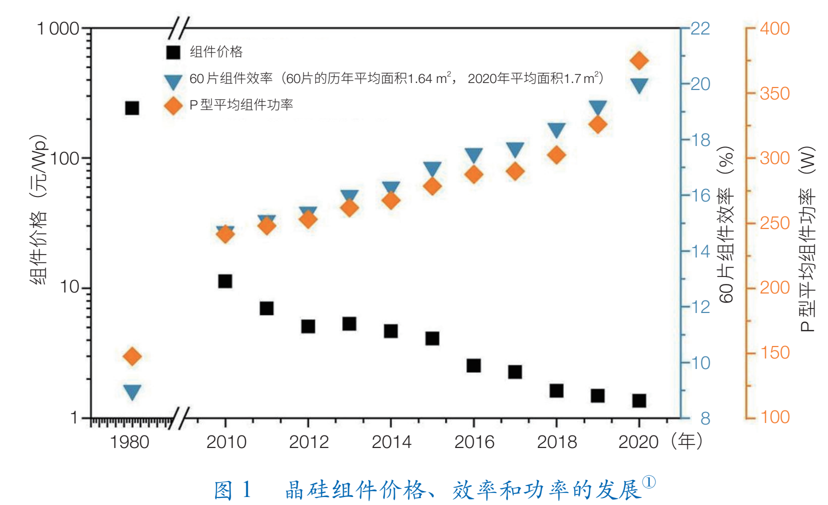


图 1 晶硅组件价格、效率和功率的发展①
Figure 1 Developments of price, efficiency, and power of Si based PV modules①

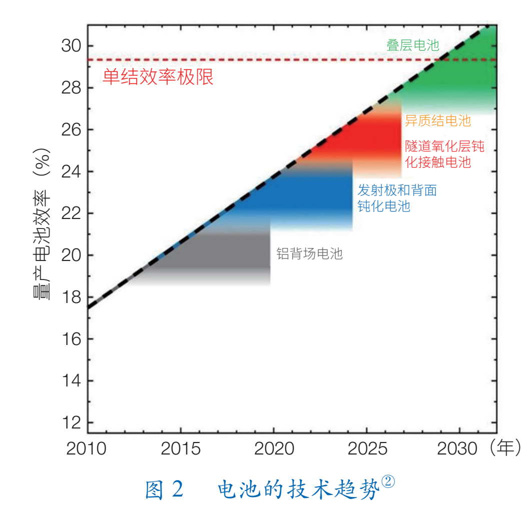


图 2 电池的技术趋势②
Figure 2 Roadmap of PV cell technologies②

① International Technology Roadmap for Photovoltaics (ITRPV, 2021).
② Messmer C, Schön J, Lohmüller S, et al. How to make PERC suitable for perovskite-silicon tandem tolar cells: A simulation study. 38th EUPVSEC, 6th September, 2021.

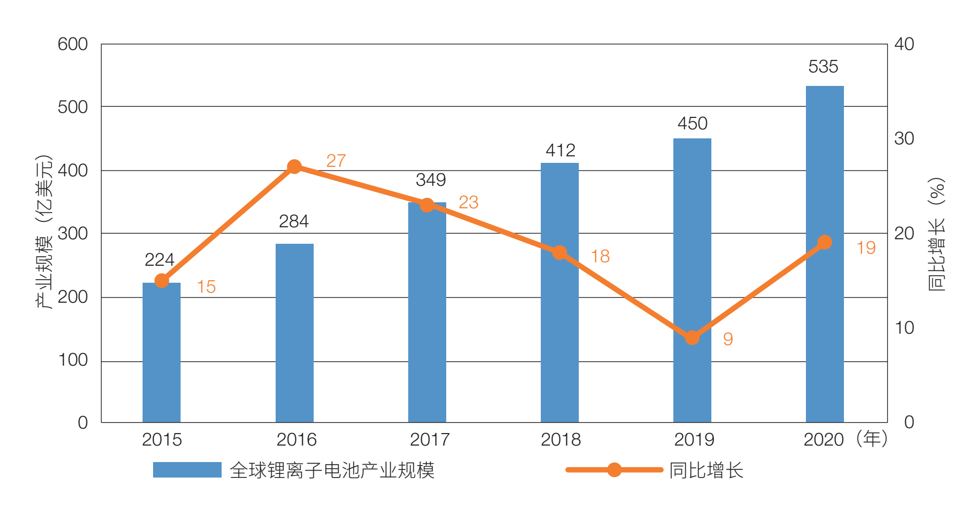


图 3　2015—2020 年全球锂离子电池产业规模

Figure 3　Global lithium ion battery industry scale from 2015 to 2020

数据来源：中国电子信息产业发展研究院电子信息研究所《锂离子电池产业发展白皮书（2021 版）》，2021 年 11 月 10 日发布

Data source: *White Paper on Development of Lithium Ion Battery Industry* (2021 Edition) by Electronic Information Research Institute of China Electronic Information Industry Development Institute, Released November 10, 2021

铁锂电池标称电压为 3.2 V，具有成本低、安全性好、环境友好和耐高温等特点，但其能量密度较低、低温性能较差。由于其常用的高容量正极材料层状结构的钴酸锂和镍钴锰酸锂材料成本高，且钴资源匮乏，面临可持续发展的问题。③ *第三代：以高电压镍锰酸锂和高容量低钴/无钴层状正极材料为代表。*高电压镍锰酸锂电池标称电压达到 4.5 V，具有高能量密度、宽工作温度范围、高安全性、最低锂当量、低成本等优点。Mauler 等[3]预测，先进的高电压或高容量材料潜在电池成本最低可降至 84 美元/kWh。但是在高电压条件下，镍锰酸锂材料与电解液之间剧烈的副反应及副产物对整个电池体系的破坏是限制其商业化应用的最大障碍。解决该问题的关键是构造稳定的正极材料、电解液界面膜及耐高压电池体系。此项瓶颈技术若能取得突破，将能够很好地兼顾人们对高能量密度的期望，以及对低成本的需求。同时，其稳固的尖晶石结构和三维锂离子扩散通道，确保了其较高的安全性能，以及优异的倍率和低温性能；与目前最主流的磷酸铁锂动力电池相比，其能量密度提升 40% 以上，耐低温工作温度范围拓宽 20℃；从原材料成本方面分析，消耗同等质量的碳酸锂，高电压镍锰酸锂电池电能产出比磷酸铁锂电池提升约 35%，电池总成本可降低约 30%。镍锰酸锂材料是最具潜力商业化的下一代锂离子电池正极材料。松山湖材料实验室现已完成该材料的中试，开始向产业化应用推进。

2.3 锌基储能电池

“双碳”目标的提出，势必加快清洁能源的发展，而这离不开储能技术对电力系统的保障。以清洁、安全、储量无限等为特点的光伏发电和风能发电在新的能源格局中的地位会越来越重，而大规模电化学储能技术也会迎来新的春天。作为大规模电化学储

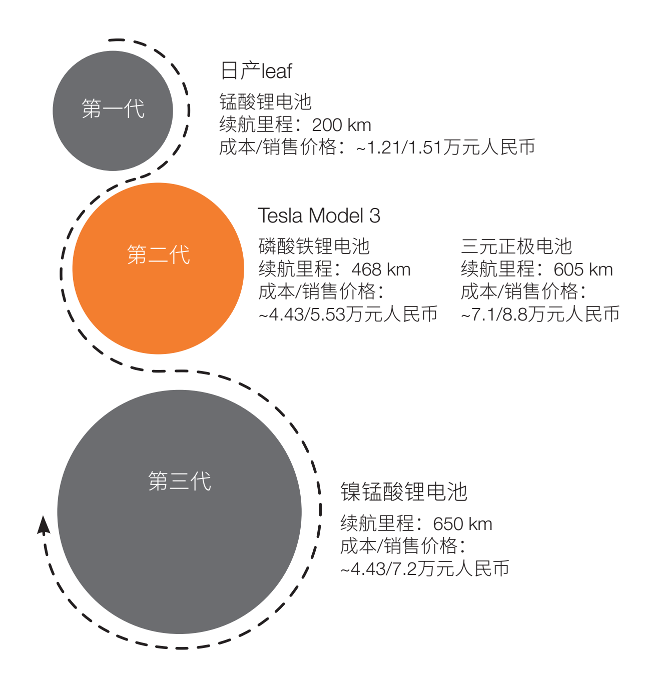


图 4　历代正极材料催生动力电池迭代

Figure 4　Generations of cathode materials catalyse iteration of power batteries

能技术，有3个基本要求必须满足：高安全性，在生命周期内具有高性价比，以及生命周期内的环境负荷低。目前，技术成熟度较高的锂离子电池和铅酸电池等电化学储能技术都基本实现了市场运营。随着能源格局的迭代，电化学储能技术也发生演变，传统的铅酸电池市场逐渐被新的二次电池抢占。二次锌电池采用水系电解液，具有独特的优势，如绿色环保无毒、高容量（819 mAh/g）、充放电快、超高安全性和成本低的特点，因而得到了广泛关注。但是，水系锌离子电池在产业化的发展过程中，国外技术相对成熟，已经推出了商业化产品，而国内的技术水平还有待进一步提高。例如，美国Zincfive公司的锌锰电池和镍锌电池已经达到商业化的效果；法国Sunergy公司的产品寿命可以达到2 000次左右。国内的二次锌电池技术还处于研发阶段。例如，松山湖材料实验室研发的二次锌电池开始走近了商业化的道路，逐步推出新的产品。由于极高的安全性，锌电池未来可用于对安全性要求严苛的场景，且与锂电池和铅酸相比的优势比较明显（图5）。

光大证券的储能行业研究报告中显示，2020—2060年储能行业的投资市场累计可达122万亿元人民币（图6）[③]，而锌电池大约具有30%数据份额的发展空间。未来锌电池的发展有望占据目前铅酸电池很大一部分市场，不仅可用于消费电子产品和大规模储能电站，还可在太空、深海等极端环境下使用。

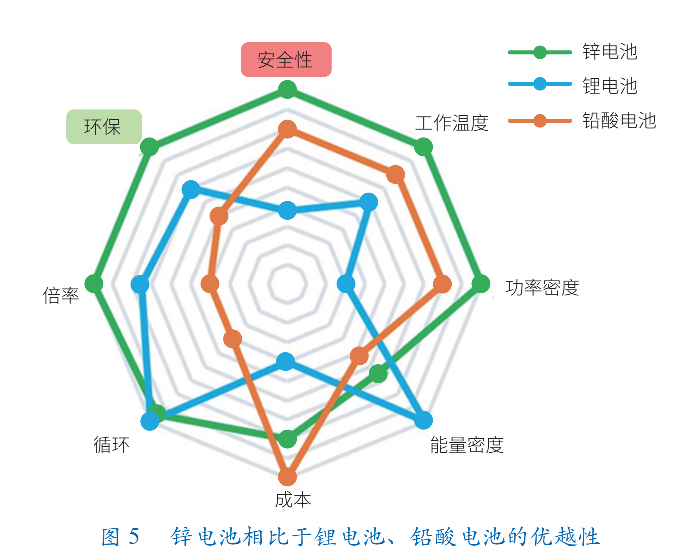


图5 锌电池相比于锂电池、铅酸电池的优越性

Figure 5 Performance comparison of zinc batteries, lithium batteries and lead-acid batteries

3 松山湖材料实验室瞄准关键技术难题，围绕新能源材料领域发挥产业转化引领作用

3.1 晶硅太阳能电池关键材料技术研发

（1）夯实基础研究。松山湖材料实验室高效晶硅太阳能电池团队（以下简称“晶硅团队”）自2009年起，围绕降本增效和绿色制造两大要点，针对晶硅电

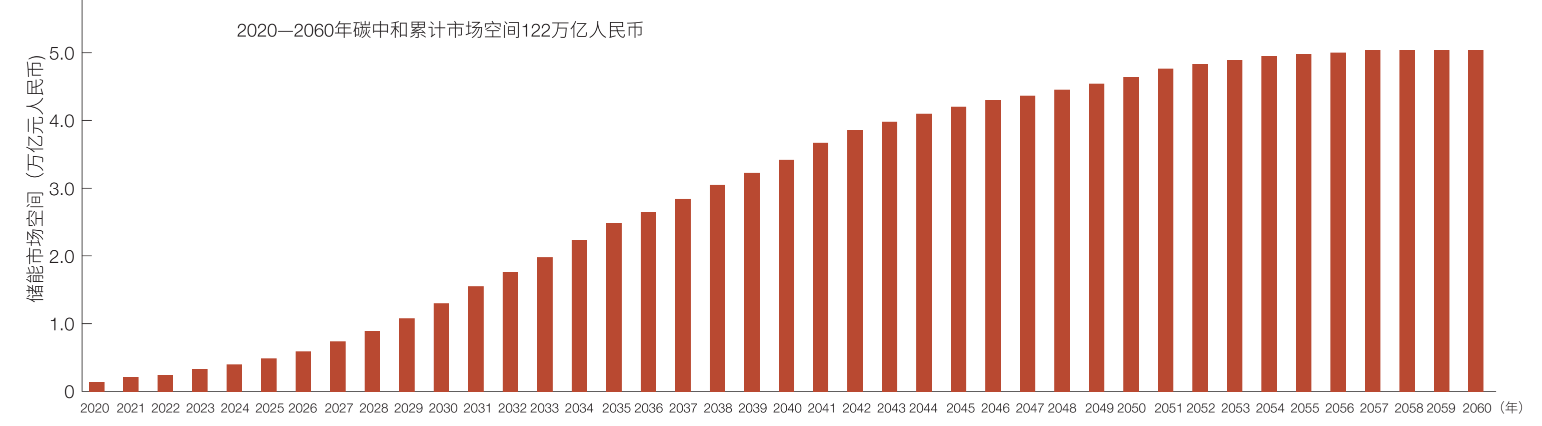


图6 2020—2060年储能投资市场空间

Figure 6 Energy storage investment market space from 2020 to 2060

③ 殷中枢，马瑞山，郝骞，等. 储能：碳中和下的新兴赛道，万亿市场冉冉开启. 光大证券-碳中和深度报告(三). 2021年3月10日发布.

池如何提升光的吸收和电的收集2个基本科学问题，在晶硅表面陷光微纳结构及正背两面电极接触特性等方面展开了持续研究，取得了多项创新成果。特别是在制绒新工艺技术研究上，在纳米银、纳米铜及银铜联合催化刻蚀制绒方面做出了重要原创性工作。以深刻揭示黑硅制绒机理为基础，发展了多种黑硅绒面结构的调控方法，并发表了一系列具有影响力的学术论文，受到国内外光伏企业及研究机构的广泛关注。同时，将基础研究的目光着眼于产业化应用，研究从小片实验到大片批量试验过程中的关键科学问题，评估技术的可量产性，并以控制成本为准绳，不断优化实验方案。注重核心技术的专利保护，在制绒及黑硅电池领域申请专利50余项，形成完整的单多晶黑硅电池核心专利技术体系。

（2）积累产业化经验。在完成前期基础研究和技术储备后，晶硅团队于2016年迎来了发展的契机——硅片“金刚线切割”技术的到来进一步降低了光伏的发电成本，但同时也对传统的制绒技术提出了新挑战，黑硅技术恰好在解决起绒难点的同时提高了电池效率。晶硅团队紧抓这一机遇，在一年多内完成了中试机的设计搭建，以及中批量、大批量的验证，最终开发出多晶黑硅制绒添加剂产品，并实现了商业化推广。该产品可有效提升电池效率0.4%，达到行业领先水平。黑硅制绒技术从实验室基础研究走向产业化应用的经历，为晶硅团队的产业化之路提供了宝贵的经验积累，同时也暴露出关键短板——缺乏完整的中试线、产业化进度缓慢等。

（3）构建全链条发展模式。晶硅团队在进驻松山湖材料实验室后，第一时间搭建了高效晶硅太阳能电池新工艺研发中试线，为开展变革性工艺的小试验证及中试放大提供了可靠的平台，从而构建了从基础研究到产业化开发的全链条发展模式。晶硅团队以已有的先进表面制绒技术为基础，进一步拓宽研究范围；针对晶硅电池中的各种表面界面问题开展以应用为导向的基础研究，利用中试线对各项原创性研究成果进行快速量产性论证，并以产品的形式对基础研究成果进行转化，从而形成了一套行之有效的基础研究—量产验证—产品开发的研发模式。在这种全链条的研发机制引导下，目前晶硅团队已成功开发出晶硅酸抛添加剂、碱抛添加剂和制绒添加剂等一系列湿法添加剂产品。同时，针对电池生产中的反射率、外观检测难点，成功开发了具有测试面积大、精度高、速度快等优势的硅片反射率及外观检测仪，满足了光伏产线上实时、快速、精准检测的需求。该团队以基础研究为基石，以开发可大规模产业应用的原创性产业技术为目标，致力于进一步提升我国光伏产品的竞争力，推动光伏市场的快速增长，为实现我国的清洁能源战略提供科技支撑。

3.2 高电压镍锰酸锂正极材料及电池技术

新一代动力电池正成为全球竞逐的焦点，松山湖材料实验室锂离子电池材料团队（以下简称“锂电团队”）重点突破高电压镍锰酸锂材料产业化及电池应用技术，在国际上率先实现了高电压镍锰酸锂全电池的长循环寿命。

（1）攻克材料基础科学难题，布局镍锰酸锂电池核心专利技术。2019年起，锂电团队通过创新的表面改性方法，合成了表面稳定的镍锰酸锂正极材料，结合耐高压电解液开发、正极辅助材料改性、黏结剂优化等，极大提升了高电压镍锰酸锂电池在高温高压下的循环性能[4]。锂电团队注重核心知识产权的保护，以镍锰酸锂电池相关的材料技术为核心，进行了较为完善的专利布局，目前已授权和申请中的专利累计50余项，形成了较为完整的镍锰酸锂电池核心专利技术体系。锂电团队的“第三代锂离子动力电池”项目晋级2021年粤港澳大湾区高价值专利培育布局大赛初创组50强。

（2）突破关键技术，实现材料—极片—电池全链条的创新技术开发。基于高电压镍锰酸锂正极的第三

代动力电池兼具磷酸铁锂电池的高安全性和三元正极电池的高能量密度特点；不用钴，且锂用量也比磷酸铁锂电池节约40%以上、比三元电池节约20%以上，这在经济性和供应链安全方面至关重要。对于正电极片生产所涉及的匀浆、涂布、辊压等工艺和设备进行优化，锂电团队研发出单体电池，其能量密度与磷酸铁锂电池相比已提升40%以上。目前，锂电团队所研发的镍锰酸锂材料与石墨组成的动力电池循环次数超过3 000次，达到了新能源汽车应用的要求，远高于国际上已报道的500次左右的循环数据，并且该材料的低温性能优越，–25℃下放电仍保持94%的容量。2020年，在世界新能源汽车大会上，"高电压镍锰酸锂正极材料及电池技术"被评为7项前沿技术之一。

*（3）产业市场前景广阔，首次实现高稳定长循环镍锰酸锂材料中试产线建设。*目前，松山湖材料实验室镍锰酸锂材料中试线已建成投入运行，该中试产线具备500 kg级生产能力，在国际上首次实现了高稳定长循环（＞5 000次）镍锰酸锂材料的批量化生产。锂电团队的中试电池线有力推进研发和产业化进程，通过新材料、新技术的应用，推出新一代动力电池，助力新能源汽车产业的发展。

3.3 锌基电池技术研发

全链条发展模式要经历从学术到产业的跨越，所需的生态和环境比较复杂，并且充满挑战性。中国科学院物理研究所的锂电池全链条创新模式为松山湖材料实验室锌基电池发展模式提供了可以借鉴的经验[5]。

*（1）重视原创性基础研究。*松山湖材料实验室柔性及锌基电池团队（以下简称"锌电团队"）多年来致力于水系锌基电池的开发与应用，在能量存储机制、电极材料、超韧电解质、器件结构设计等方面积累深厚，在相关领域发表了一系列高水平研究论文，积累了大量专利。2018年底，在松山湖材料实验室开展锌基电池产业转化工作，重点集中在电芯制备方法探索，同时在提高正极负载量、调配电解液、装配工艺优化等方面投入人力物力。

*（2）从实验室走向工厂，实现小批量生产。*经过不断探索，随着制片工艺、卷绕工艺、全电池制作工艺的成熟，以及新开发的锌电极配方和添加剂的应用，锌电极及全电池性能尤其是循环寿命取得显著提升；其中，AA1200型圆柱锌电池1C全充放循环寿命提升至400次水平，个别电池甚至可以突破500次大关，相较市场现有的100—200次寿命的电池有较大进步。此外，基于独家配方的锌电极，使得放电平台也更具优势，同比市场现有电池高约20 mV。同时，锌电团队正在开发2款不同容量的方块锌基电池，容量分别可以达到15 Ah和55 Ah。初步预估55 Ah电池的重量能量密度将达到85 Wh/kg，体积能量密度达到200 Wh/L。

*（3）产业化中试生产线正在推进。*通过深入分析镍氢和镍铬电池产线的特点，参考锂离子电池生产线对一些先进设备的运用，摸索出一条适合锌基电池生产的产线方案。截至目前，正极配料—制浆—制片线（圆柱&方形共用）已经全线贯通，负极配料—制浆—制片线（圆柱&方形共用）也已基本调试完成，投入使用。圆柱装配线大部分也已就位，接近调试尾声，已初步具备生产能力。方形装配线采用人工较多，目前处于手工+机器制作阶段，尚需改进。未来还将不断提升产线效率，结合产品参数和工艺参数不断优化电池的性能，提高产品稳定性；并对产线的自动化不断升级迭代，以期以更高效的方式生产出批量优质产品。

4 粤港澳大湾区新能源产业发展的对策

作为粤港澳大湾区的两个重要节点城市，深圳和东莞汇集了全国最多的新能源企业，也聚集了新能源产业的各种应用场景，从国家层面布局国际一流的科研中心与高新技术产业化高地适当其时。为此，特提

出2点建议。

（1）支持高水平研发机构的发展。以松山湖材料实验室为例，它是广东省首批启动建设的省实验室之一，是松山湖科学城“四梁八柱”体系的重要支撑平台；作为参与大湾区综合性国家科学中心先行启动区建设的重要科研平台与体制机制创新的试验田，该实验室的创新样板工厂相关团队正在着力打造基础研究与应用研究转化的链条，通过技术进步推动高效晶硅太阳能电池、锂离子动力电池、锌基储能电池等新能源产业的升级。

（2）打造集群式发展模式。粤港澳大湾区拥有完备的制造业基础和产业配套能力，在国家大科学装置建设和产业集群发展等方面形成了坚实基础和独特优势；可通过打造园区式的集群创新工场发展模式，聚集国内外一流的科学家与一大批企业共同合作，推动新能源产业的持续进步。

参考文献

1 中国电力企业联合会. 中国电力行业年度发展报告2021. 北京: 中国建材工业出版社, 2021.
China Electricity Council. China Electric Power Industry Annual Development Report 2021. Beijing: China Building Materials Industry Press, 2021. (in Chinese)

2 李先锋, 张洪章, 郑琼, 等. 能源革命中的电化学储能技术. 中国科学院院刊, 2019, 34(4): 443-449.
Li X F, Zhang H Z, Zheng Q, et al. Electrochemical energy storage technology in energy revolution. Bulletin of of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(4): 443-449. (in Chinese)

3 Mauler L, Duffner F, Wolfgang G Z, et al. Battery cost forecasting: A review of methods and results with an outlook to 2050. Energy Environmental Science, 2021, 14: 4712-4739.

4 詹元杰, 武怿达, 马晓威, 等. 基于碳酸酯基电解液的4.5V电池. 储能科学与技术, 2020, 9(2): 319-330.
Zhan Y J, Wu Y D, Ma X W, et al. 4.5 V Li-ion battery with a carbonate ester-based electrolyte. Energy Storage Science and Technology, 2020, 9(2): 319-330. (in Chinese)

5 文亚, 黄学杰, 朱春丽. 我国国立科研机构全链条式创新的模式研究——以中国科学院物理研究所的锂离子电池研究为例. 中国科学院院刊, 2019, 34 (12): 1450-1457.
Wen Y, Huang X J, Zhu C L. Case study of lithium-ion battery research of Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences: On model of whole-chain innovation of national research organization of China. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(12): 1450-1457. (in Chinese)

Development Strategies of New Energy Materials for Carbon Peak and Neutrality

—Case Study of Songshan Lake Materials Laboratory

QIU Ximei[1] WANG Yan[1,2] LYU Haiming[1] XU Jian[4] Wu Yida[1] MA Xiaowei[1] ZHI Chunyi[1,3] DU Xiaolong[1,2] HUANG Xuejie[1,2*]

(1 Songshan Lake Materials Laboratory, Dongguan 523808, China;

2 Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

3 City University of Hong Kong, Hong Kong 999077, China;

4 Guangdong Songhu Material Industry Development Center Co. Ltd., Dongguan 523808, China)

Abstract Transformative energy technologies will provide strong strategic support to the realization of peaking carbon dioxide emissions before 2030, and achieving net zero carbon emissions before 2060. Reducing the dependence on fossil fuels by saving energy and reducing emissions from the source is essential to achieve the double-carbon target as soon as possible. Songshan Lake Materials Laboratory is working

*Corresponding author

on key materials to develop solar-battery power systems and electrification of transportation energy to return coal, oil, and natural gas from fuels to materials. This study focuses on introducing the research team of its New Energy Materials and Devices R&D Center with the whole chain innovation mode from research to technology transfer/transformation. Example works of new materials for High Efficiency Crystalline Silicon Solar Cells Group, Li-ion Battery Materials Group, Flexible & Zinc Battery Group are introduced. To get through “the last mile” of technology transformation, research projects and pilot lines have been set up to make new energy materials and devices into products in the past three years, and work together with industrial partners in an innovative workshop cluster model. It is suggested to make overall planning, provide stable support to the research and development, and create a cluster development model with R&D center-innovative workshops-industrial parks.

Keywords new energy materials, crystalline silicon solar cells, lithium-ion power batteries, zinc-based energy storage batteries



邱细妹 松山湖材料实验室工程师。主要从事锂离子电池材料等相关工作。参与国家重点研发计划变革性专项、广东省重点领域研发计划、深圳市科技计划项目等6项；授权发明专利 5 项；参与国家标准起草 1 项。E-mail: Shuqxm@sslab.org.cn

QIU Ximei Engineer at Songshan Lake Materials Laboratory, mainly engaged in lithium ion battery materials and other related work. She participated in 6 National Key Research and Development Programs, Guangdong Provincial Key Field Research and Development Program, Shenzhen Science and Technology Program, etc. She owns 5 authorized invention patents and has participated in drafting 1 national standard.
E-mail: Shuqxm@sslab.org.cn



黄学杰 中国科学院物理研究所研究员、博士生导师。松山湖材料实验室副主任，广州工业技术研究院锂离子动力电池工艺技术装备基础服务平台主任，中国电池工业协会副理事长。从 1996 起主持中国科学院物理研究所锂离子电池及其关键材料的研究、开发和产业化工作。主要从事于锂二次电池及其相关材料、工艺和装备技术的研究，推动锂离子动力和储能电池的产业发展。
E-mail: huangxuejie@sslab.org.cn

HUANG Xuejie Professor at the Institute of Physics, Chinese Academy of Sciences (IOP/CAS), Deputy Director of Songshan Lake Materials Laboratory, Director of Li-ion Power Battery Technology & Equipment Service Platform, Guangzhou Institute of Industrial Technology, and Vice President of China Battery Industrial Association. Since 1996, Professor Huang has been chairing the group of Solid State Ionics at IOP/CAS and working on the research, development, and industrialization of secondary lithium batteries and key related materials. He has published more than 200 peer-reviewed journal papers, and owned more than 30 patents. He has developed technologies for materials, batteries and machines for Li-ion battery industry in China. He has also founded several companies to develop and produce large size Li-ion batteries for electrical vehicle and energy storage applications. E-mail: huangxuejie@sslab.org.cn

■责任编辑：文彦杰